Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	Bruxelles Brussel	15-I-1972
48	B I O L O G I E	1

LA VALEUR DE LA METHODE OTOLITHOMETRIQUE POUR LA DETERMINATION DE L'AGE DU MERLU (MERLUCIUS MERLUCIUS - PISCES GADIDAE) EN MEDITERRANEE

PAR

E. Dupont

INTRODUCTION

La taille des espèces, généralement plus réduite en Méditerranée qu'en Atlantique, et l'importance économique du merlu nous ont amené à étudier en Sardaigne la croissance de ce gadidé.

Toute étude de croissance repose sur la détermination précise de l'âge.

Chez les poissons, cette détermination est obtenue, soit par des méthodes directes, soit par des méthodes indirectes. Les dernières sont des études instantanées ou prolongées de grands échantillons de la population, ou des études de structures adéquates d'individus isolés.

Les premières consistent en l'observation suivie des accroissements de taille d'un ou plusieurs individus déterminés.

Parmi les structures adéquates permettant une lecture de l'âge, chez le merlu, c'est l'otolithe qui se révèle le plus lisible. C'est la raison pour laquelle, pratiquement toutes les études de croissance du merlu entreprises en Méditerranée sont fondées sur l'examen de ce petit os.

Pourtant, les auteurs les plus compétents n'ont jamais caché que, même dans les cas les plus favorables, l'utilisation des otolithes offre des difficultés, voire même des dangers. Pour certaines espèces, ils en proscrivent l'usage.

Dès lors, on comprend la nécessité de s'assurer de la validité de la méthode, dans le cas précis qui nous occupe.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA METHODE

L'otolithe de merlu est une petite pièce osseuse, ovale, mince, d'un centimètre de longueur environ. Il est formé d'un constituant organique, tissu conjonctif fibreux formant des enveloppes concentriques, et d'un constituant inorganique sous forme de très petits cristaux de $CaCO_3$ allongés et orientés perpendiculairement aux enveloppes fibreuses.

Observé frais et à l'œil nu, ce petit os montre, par transparence, une série d'anneaux concentriques, généralement considérés comme des anneaux de croissance formés régulièrement chaque année. Les auteurs y voient la marque d'un arrêt de croissance dû, soit à l'hiver, soit à la ponte, soit encore, comme l'on pense plutôt à l'heure actuelle, à un rythme interne, en concordance ou non avec le rythme saisonnier.

Ces anneaux relativement minces et transparents, par rapport aux intervalles qui les séparent, résultent d'une différence morphologique des enveloppes concentriques fibreuses. Le constituant minéral, quant à lui, est tout à fait étranger à cette alternance de zones opaques et transparentes.

La méthode otolithométrique repose :

1° sur la concordance entre le nombre d'anneaux et l'âge,

2° sur la proportionnalité entre la taille du poisson et celle de l'otolithe.

Nos propres données nous ont permis de vérifier la seconde proposition, ainsi qu'il ressort de la figure n° 1. On y voit que les deux longueurs mesurées (longueur du poisson en abscisse, et longueur de l'otolithe en ordonnée) sont fortement corrélées, et on constate que la droite de

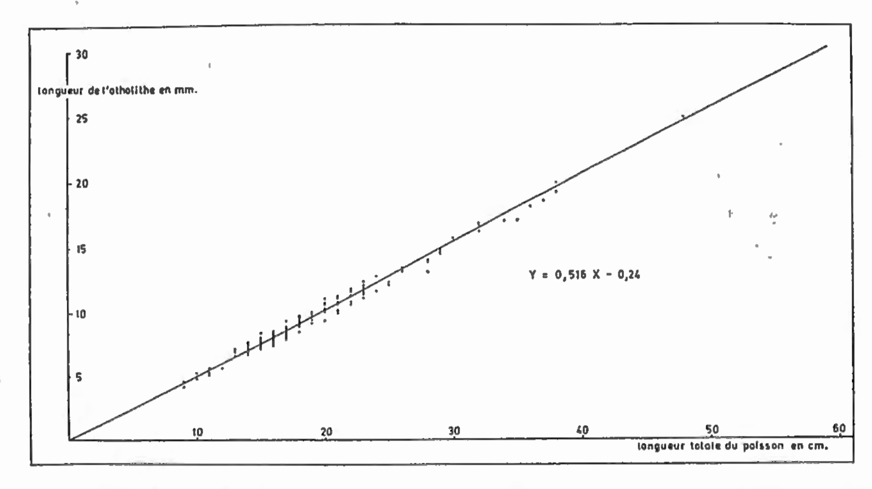


Fig. 1. — Droite de régression de la longueur de l'otolithe sur la longueur totale du poisson.
Chaque point correspond à un ou plusieurs individus.

régression, située par le calcul, passe très près de l'origine, et ne s'en écarte pas significativement. Ceci nous autorise donc, connaissant la taille du poisson et de son otolithe à un instant donné, à déduire de la dimension d'un anneau, la taille qu'avait le poisson au moment du dépôt de cet anneau.

Il serait encore intéressant de détailler les méthodes de préparation et de lecture des otolithes que nous avons mises à l'épreuve et de préciser quelle est celle que nous avons retenue, mais nous nous contenterons ici, de signaler que la technique utilisée finalement nous a donné la plus entière satisfaction, et que la validité de l'ensemble de la méthode otolithométrique ne peut être imputée à la qualité de la préparation technique des pièces.

PREUVES DE LA NON VALIDITE DE LA METHODE

La façon la meilleure de juger de la validité de la méthode otolithométrique serait de la confronter à plusieurs autres. Cependant, ne disposant pas de moyens suffisants pour établir cette confrontation, nous avons emprunté une autre voie. Elle consiste à démontrer l'impossibilité d'obtenir par cette méthode un résultat précis, parfaitement exempt de subjectivité, et reconnu par la plupart des auteurs.

Argument I. — Les différents auteurs utilisant la méthode n'arrivent pas à des résultats, même approximativement, identiques

Lorsqu'on se penche sur la bibliographie, et qu'on fait la synthèse de toutes les données publiées sur la croissance du merlu, on constate principalement un éparpillement complet des résultats proposés par chaque auteur. On s'en rend compte au vu de la figure 2.

On ne peut bien entendu rejeter a priori l'hypothèse d'une croissance variable selon le lieu, mais les données bibliographiques n'en fournissent pas non plus une preuve suffisante. Nous reviendrons plus loin sur la question.

Argument II. — L'application brutale de la méthode amène une grande confusion

Utilisant la méthode otolithométrique à partir de nos quelque 300 otolithes, et groupant les individus selon le nombre d'anneaux que comporte leurs otolithes, nous avons étudié, dans chaque classe ainsi obtenue, la fréquence d'individus des différentes tailles.

C'est ce que nous montre la figure 3 où les tailles en centimètres sont rangées en abscisse, et la fréquence représentée par des colonnettes.

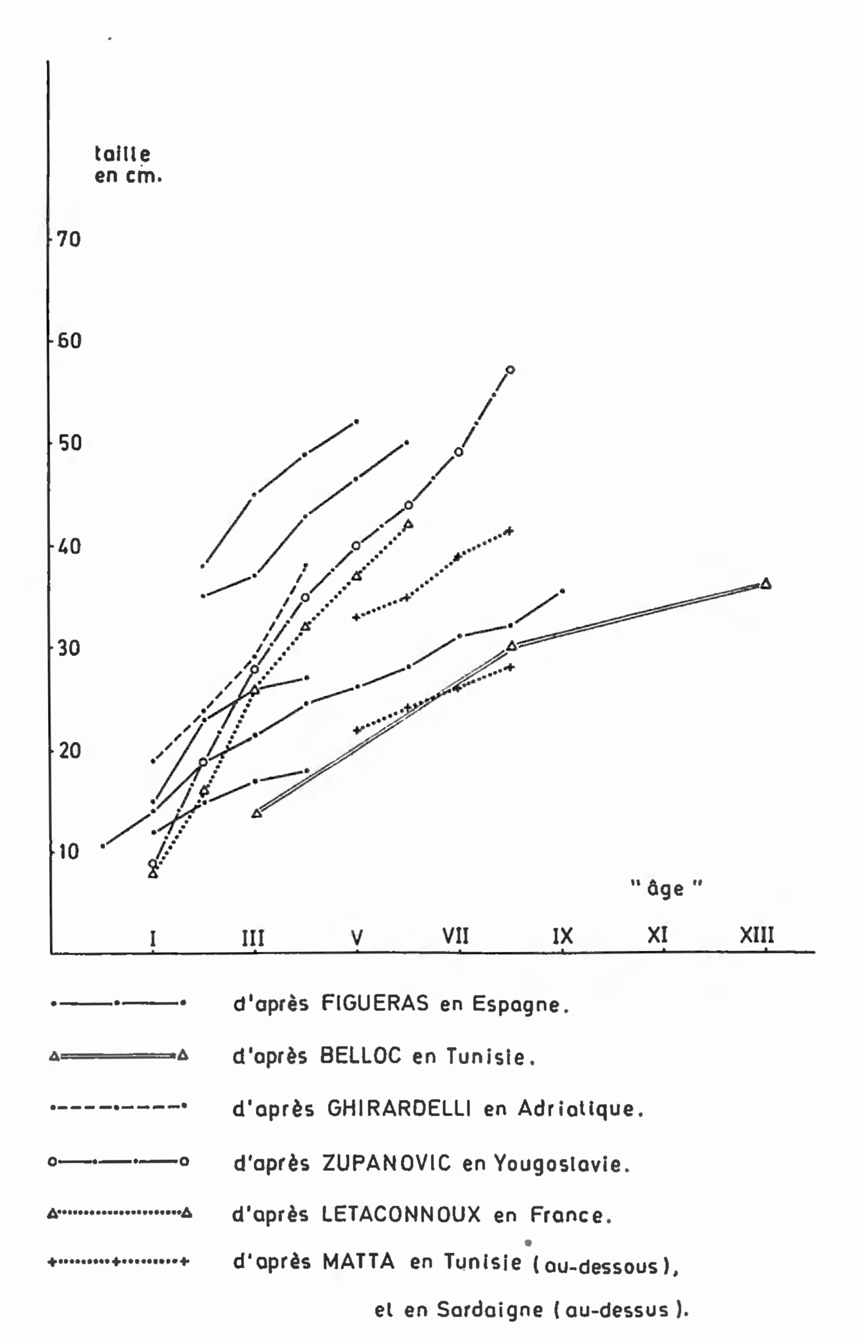


Fig. 2. — Les courbes de croissance du merlu proposées par différents auteurs en Méditerranée.

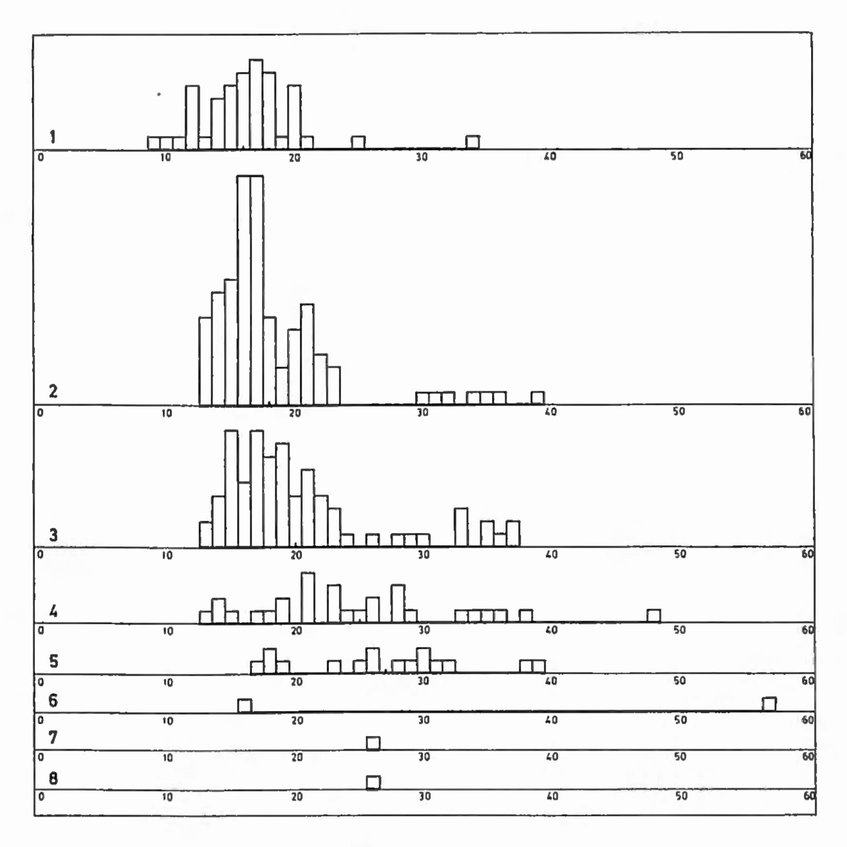


Fig. 3. — Histogrammes de fréquence des tailles des individus.
Ces individus sont répartis par classes numérotées de 1 à 8 selon le nombre d'anneaux que comportent leurs otolithes. La taille des individus est indiquée en centimètres le long de l'axe des abscisses de l'histogramme de la classe 2. La fréquence correspondant à une taille équivaut au nombre de fois que la largeur de la colonnette est comprise dans sa hauteur.

On peut constater, au vu de l'ensemble de ces histogrammes, que si la taille moyenne augmente lentement, mais régulièrement, de la classe 1 à la classe 5, en passant par les valeurs de 16, 18, 20, 25 et 27 cm; par contre l'étalement des tailles dans chaque classe est tel que toutes les classes se recouvrent très largement. Cela signifie que, prenant par exemple le cas d'un individu de 20 cm, on ne peut prétendre, avec peu de risque de se tromper, qu'il appartient à la classe 3 plutôt qu'à la classe 1 ou à la classe 5.

On se rend compte que l'intérêt d'une courbe de croissance moyenne déduite de ces données est très relatif puisqu'elle ne correspond qu'à une partie infime de la population.

Il est intéressant de rechercher les causes de cet étalement des tailles dans chaque classe. Une explication pourrait venir d'un étalement de la

ponte, et il semble bien qu'il faille tenir compte du facteur, car il ressort effectivement de la bibliographie que le merlu se reproduit durant une période très longue de l'année.

Pourtant, nous pensons que la cause principale de cet étalement doit être recherchée dans une mauvaise interprétation et un comptage erroné des anneaux.

Il est possible que, dans chaque classe, on ait compté trop d'anneaux aux petits spécimens, et trop peu aux grands, et qu'une interprétation plus conforme à la réalité réduise ainsi l'étalement en l'amputant aux deux bouts. Nous allons voir au paragraphe suivant que l'interprétation des anneaux laisse une place importante à l'appréciation subjective. Le résultat de l'interprétation, selon certains critères, apparaît sur cet autre diagramme (fig. 4) où l'on a, de plus, séparé les exemplaires provenant du talus et du plateau. On constate cette fois que le chevauchement d'une classe sur l'autre n'est plus aussi important, surtout dans le cas des individus du talus, pêchés vers 500 à 600 m de profondeur.

Argument III. — Le dénombrement des anneaux constitue une opération très subjective

Il est unanimement reconnu par les auteurs les plus expérimentés que tout anneau ne correspond pas nécessairement à un anneau annuel, et que d'autre part, certains anneaux véritables peuvent disparaître, surtout chez les grands spécimens, par suite d'une opacification des pièces.

Parmi tous les otolithes récoltés, il y a donc lieu :

1° d'écarter les otolithes opacifiés, car ils montrent trop peu d'anneaux;

2° d'écarter les otolithes présentant un excès d'anneaux rapprochés, car ceux-ci ne correspondent pas à un dépôt annuel;

3° de grouper certaines paires d'anneaux, car elles ne forment en fait qu'une seul anneau dédoublé.

1° L'opacification rend invisible toute structure interne de l'otolithe, et donc tout anneau. Elle peut n'affecter qu'une partie de l'otolithe et ne faire disparaître qu'un seul anneau. On peut déceler cette absence en observant un écart anormalement grand entre deux anneaux, comme c'est le cas sur la photo (a) de la figure 5. Par contre, la photo suivante (b) montre qu'il existe des otolithes manifestement non opacifiés où l'écart entre deux anneaux peut être encore plus grand. Par conséquent, sur quelle base écarter un otolithe et pas un autre ?

2° Certains otolithes présentent incontestablement un excès d'anneaux. On en convient aisément en les comparant avec des otolithes de même taille ainsi qu'on peut le faire grâce aux photos (a), (b) et (c) de la

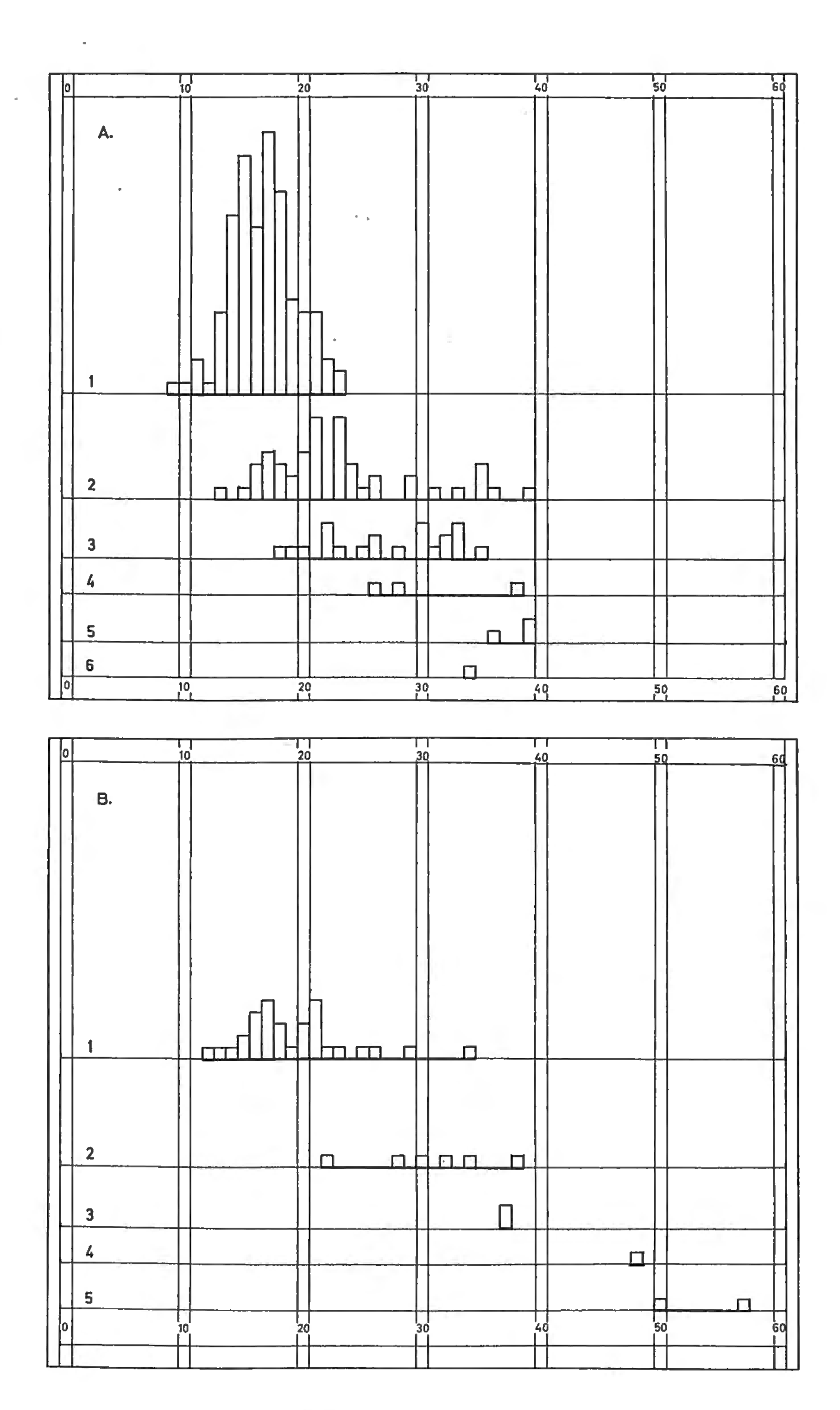


Fig. 4. — Ensemble de deux histogrammes conçus de la même façon que celui de la figure 3.

Le premier (A) correspond aux individus provenant du plateau continental, de — 30 à 130 m; il comprend 6 classes dont les tailles vont de 9 à 39 cm.

Le second (B) correspond aux individus provenant du talus, entre — 350 et — 650 m; il comprend 5 classes seulement mais présente des tailles étalées entre 12 et 57 cm.

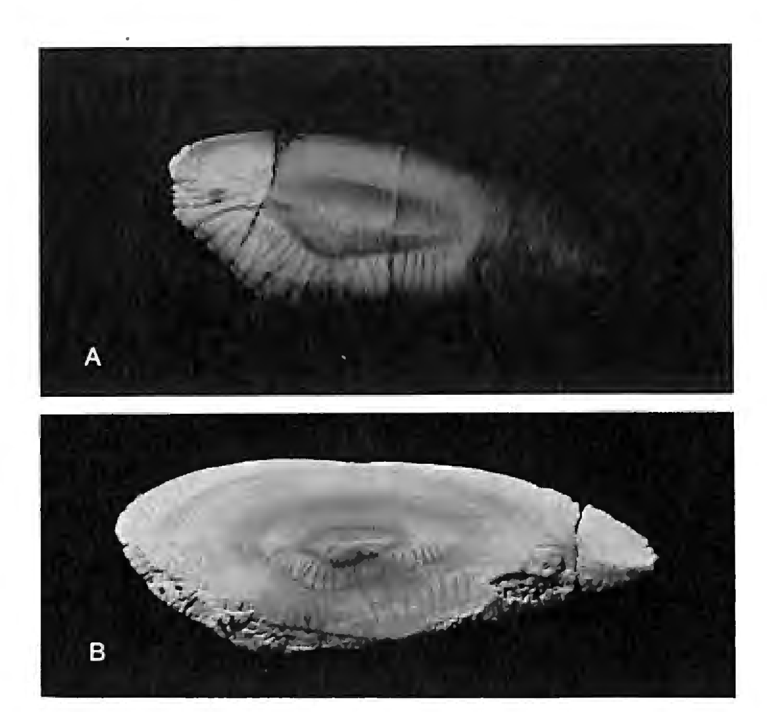


Fig. 5.

Photo A : Otolithe d'un individu de 37 cm. Au centre, on voit un anneau très large (correspondant à l'accroissement réalisé entre les tailles de 7 et 15 cm) comprenant lui-même un ensemble de stries rapprochées. A l'extérieur de cet anneau large, vient une vaste zone opaque, considérée comme opacifiée, correspondant à un accroissement de taille de 19 cm. Enfin, au bord de l'otolithe, on retrouve un anneau relativement mince.

Photo B : Otolithe d'un individu de 48 cm présentant une quantité de stries fines sur toute sa surface, ce qui prouve bien qu'il n'est pas opacifié. Néanmoins, outre deux anneaux centraux correspondant respectivement à des tailles de 9 et 20 cm, on remarque une vaste zone sans anneau avant d'atteindre le troisième anneau qui correspond à une taille de 41 cm.

figure 6. L'otolithe de la photo (c) montre sans aucun doute un excès d'anneaux, et il est également tout à fait impossible de désigner la place des anneaux véritables. Les photos (d) et (e) de la même planche montrent deux autres exemples d'otolithes présentant un nombre trop élevé d'anneaux, et dont on ne peut donc tenir compte.

3° D'autres fois, le nombre d'anneaux visibles dépasse encore le nombre d'anneaux réels, mais il est possible de reconnaître que certaines paires correspondent en fait à un anneau unique. Nous avons fait la preuve de ce dédoublement dans le cas des otolithes ne comprenant qu'un seul anneau (cf. figure 7).



a

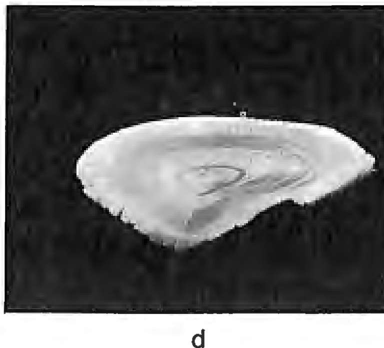




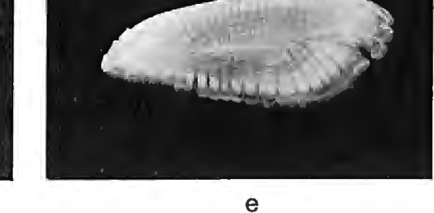
b



c



d



e

Fig. 6.

Photo a : Otolithe d'un individu de 26 cm. A part un nucleus que l'on devine, on n'aperçoit que deux anneaux.

Photo b : Otolithe d'un individu de 26 cm pris exactement dans les mêmes conditions que le précédent. Cette fois, cependant, on compte trois anneaux.

Photo c : Otolithe d'un individu de même taille que les précédents, et pris toujours rigoureusement dans les mêmes conditions de temps et de lieu. On peut y dénombrer huit anneaux distincts !

Photo d : Otolithe d'un merlu de 23 cm comportant également un excès d'anneaux sans correspondance connue avec les anneaux annuels.

Photo e : Autre exemple d'otolithe de merlu de 23 cm comportant un nombre anormalement élevé d'anneaux.

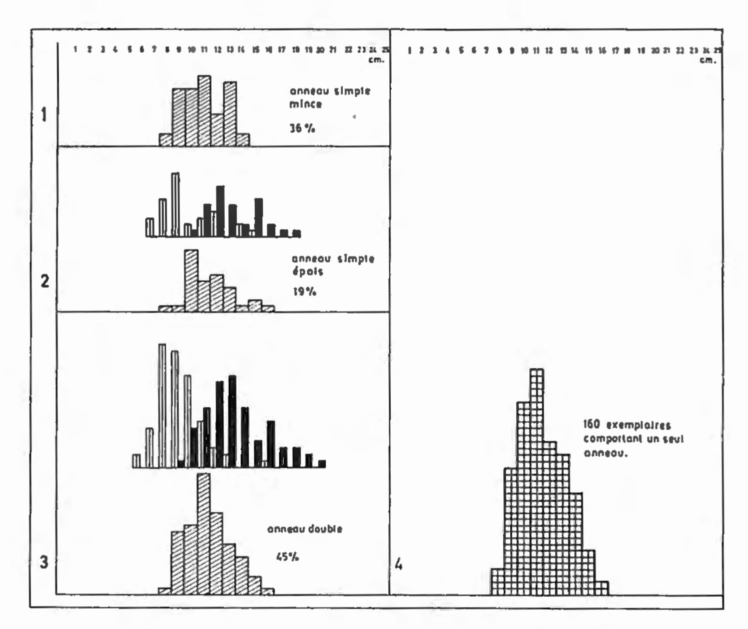


Fig. 7. — Histogrammes de fréquences de tailles au moment du dépôt de l'anneau dans le cas d'une population d'otolithes ne comprenant qu'un seul anneau.

Diagramme 1 : Il représente la fréquence des tailles enregistrées au moment du dépôt de l'anneau dans le cas (36 % de l'ensemble de la population) où l'anneau unique est simple, mince, et donc nettement situé.

Diagramme 2 : L'histogramme en hachures obliques présente la fréquence des tailles correspondant au milieu de l'anneau, dans le cas (19 % de l'ensemble de ces otolithes) où l'anneau est épais et correspond donc à une période d'accroissement qui n'est pas négligeable.
Au-dessus, les deux histogrammes (avec une ligne verticale dans la colonnette, et avec la colonnette pleine) représentent la fréquence des tailles correspondant respectivement au bord interne et au bord externe de l'anneau épais.

Diagramme 3 : L'histogramme en hachures obliques présente la fréquence des tailles correspondant à un anneau fictif situé à mi-distance des deux anneaux de la paire, dans le cas (45 % des otolithes envisagés) où l'unique anneau de l'otolithe est scindé en deux anneaux séparés.
Les deux histogrammes situés au-dessus du précédent représentent comme dans le diagramme 2 les fréquences des tailles correspondant aux anneaux internes et externes de la paire.

Diagramme 4 : L'histogramme quadrillé représente la fréquence des tailles, pour l'ensemble des 160 otolithes, après interprétation, de la façon indiquée dans les trois cas décrits ci-dessus.

Dans un premier temps (diagramme 1) ne tenant compte que des otolithes présentant un anneau simple, mince et bien individualisé, nous constatons une distribution des tailles correspondant à cet anneau allant de 8 à 14 cm.

Dans un second temps (diagramme 2), examinant les otolithes avec anneaux fortement élargis, nous constatons que, si l'on considère la distribution des tailles correspondant au milieu de cet anneau large, cette distribution se superpose assez bien à celle définie dans le premier temps.

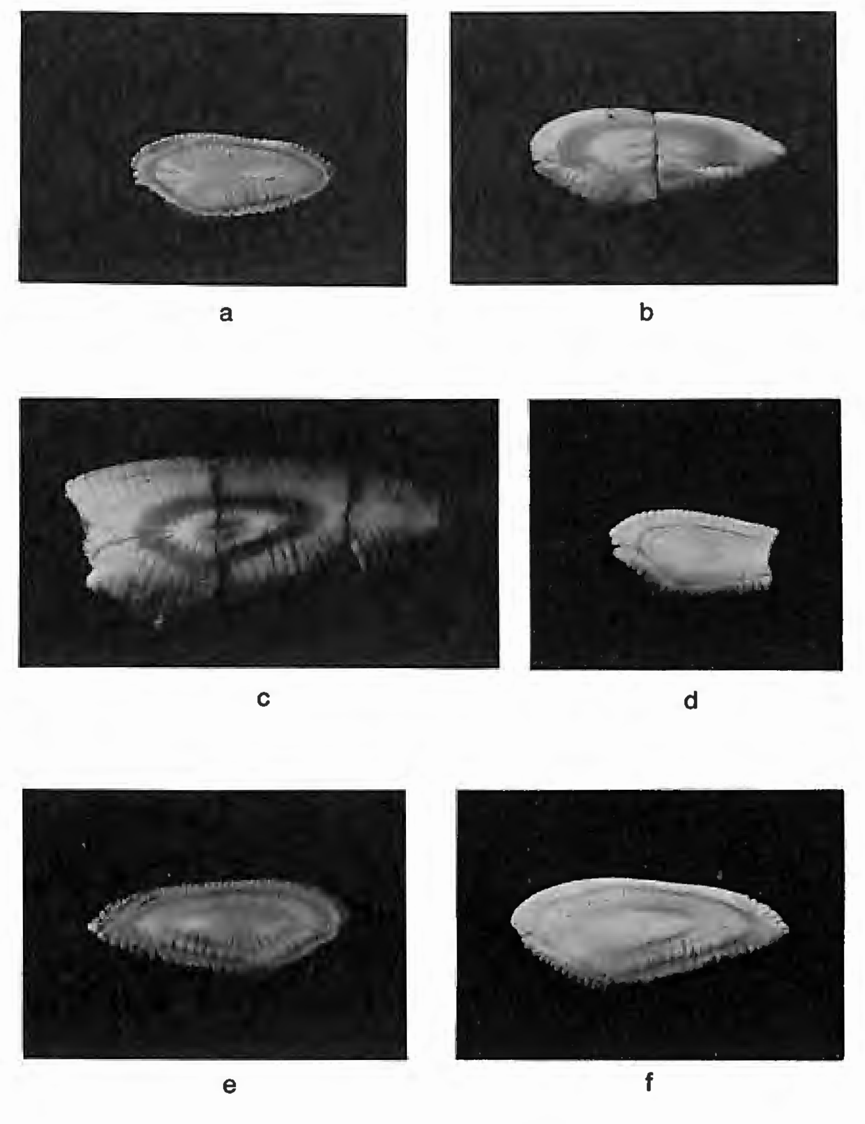


Fig. 8.

Photo a : Otolithe d'un merlu mâle de 18 cm présentant un anneau unique assez mince, déposé à la taille de 14 cm.

Photo b : Otolithe d'un merlu de 21 cm dont le sexe est inconnu, et qui présente un anneau large correspondant au passage de la taille de 9,5 cm à celle de 15 cm.

Photo c : Otolithe d'un merlu femelle de 35 cm dont l'anneau central, également large, correspond à l'accroissement réalisé entre les tailles de 10 et 14,5 cm.

Photo d : Otolithe d'un merlu mâle de 18 cm comportant deux anneaux fins, appariés, correspondant aux tailles de 10 et 12 cm.

Photo e : Un second exemple d'anneau dédoublé. Il s'agit du cas d'un individu femelle de 20,5 cm dont les deux anneaux de la paire sont plus distants que dans le cas de la photo d. Ils correspondent en effet aux tailles de 9 et 14,5 cm.

Photo f : Ce dernier exemple d'anneau dédoublé constitue un cas limite. Le merlu est un individu femelle de 21,5 cm. Les deux anneaux de son otolithe sont tellement distants (correspondant à des tailles de 9 et 16,5 cm) qu'il est difficile de juger s'il s'agit d'une paire ou de deux anneaux distincts.

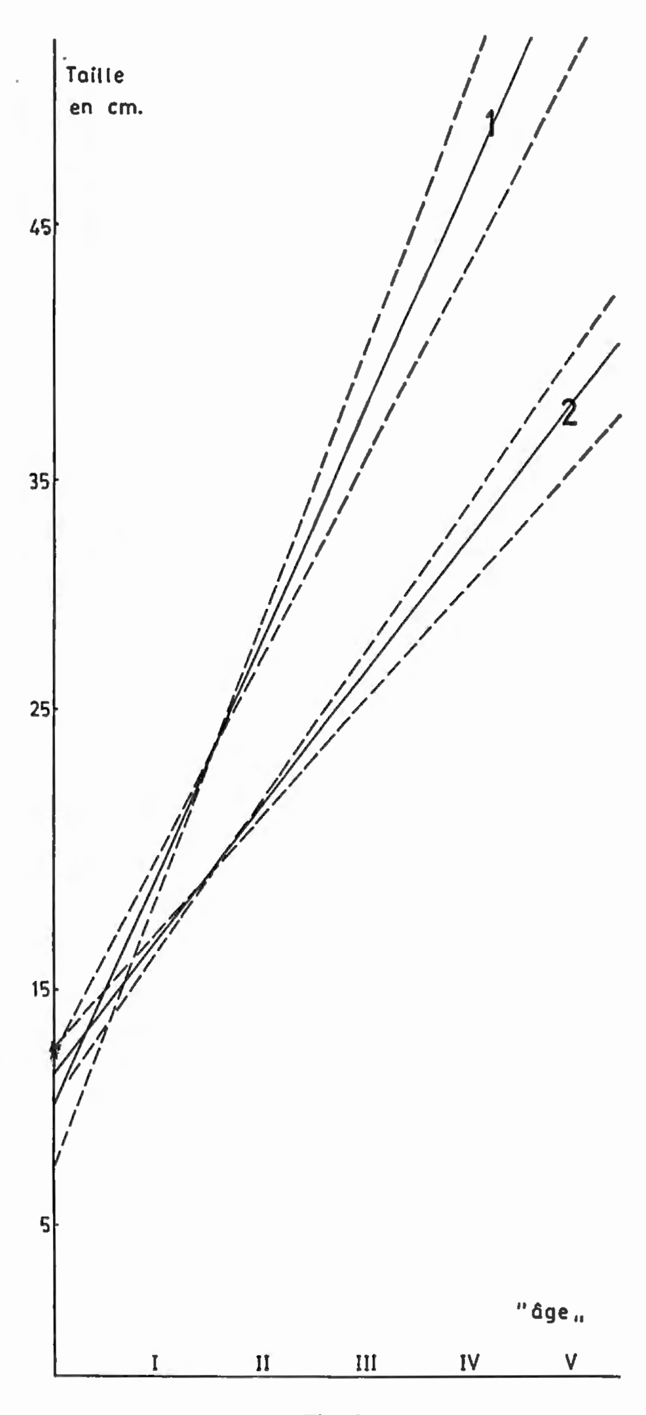


Fig. 9.

En traits continus, les droites de régression de la taille sur le nombre d'anneaux, 1 dans le cas des individus du talus continental, et 2 dans le cas de ceux du plateau.

En traits interrompus, les intervalles de confiance des pentes de ces droites, calculés avec un coefficient de sécurité de 95 %.

Dans un troisième temps enfin (diagramme 3), nous en arrivons aux otolithes avec anneaux présumés doubles.

Considérant un anneau fictif situé à mi-distance entre les deux termes de la paire, nous constatons de nouveau que la distribution de la taille correspondant à cet anneau fictif se superpose bien à la première définie ci-dessus.

On peut donc admettre que ces paires d'anneaux sont bien équivalentes à des anneaux uniques.

Les photos de la figure 8 fournissent des exemples d'anneaux simples, larges, ou dédoublés. La dernière montre qu'à la limite, il devient difficile de décider si l'on a affaire à une paire ou à deux anneaux distincts.

On imagine aisément qu'il existe également des cas douteux où l'on ne peut décider s'il y a, ou non, opacification, ou s'il y a ou non, présence d'anneaux surnuméraires. Comme ces cas limites sont assez nombreux, on comprend que l'interprétation s'avère, au total, hasardeuse.

Argument IV. — A taille égale, les merlus du talus présentent moins d'anneaux que ceux du plateau

Le fait ressortait déjà du diagramme des fréquences de tailles présenté à la figure 4. Il est encore mis en évidence sur cette figure 9 montrant les droites de régression de la taille sur l'âge, observées dans les deux milieux. Cette différence de croissance avait déjà été signalée par deux auteurs qui en avaient déduit que les individus du talus grandissent plus vite que ceux du plateau.

Nous pensons que cette déduction est trop rapide et demanderait une vérification. En effet, ce phénomène peut tout aussi bien traduire un rythme du dépôt des anneaux différent dans les deux milieux. Dans ces conditions, il faudrait admettre que les anneaux, même nettement individualisés, ne correspondraient pas à des anneaux annuels.

CONCLUSIONS

Etant donné : 1° le manque d'unité relevé dans la bibliographie; 2° les résultats aberrants auxquels on arrive en considérant tous les anneaux comme équivalents; 3° les difficultés que présente la nécessaire interprétation des anneaux; et 4° l'incertitude de leur dépôt régulier et annuel, nous estimons qu'il n'est pas prudent de déduire l'âge uniquement en fonction du dénombrement des anneaux.

Nous recommandons fortement de ne plus utiliser la méthode otolithométrique, sans une vérification préalable des limites de sa validité, ou sans l'établissement d'une base de référence rendant l'interprétation des anneaux moins hasardeuse.

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

Index Bibliographique

METHODE ET GENERALITES

ALBRECHTSEN, K.

1968. *A dyeing technique for otolith age reading.* [Journal C. I. P. E. M., 32 (2) : 278-280.]

GRAHAM, M.

1928. *Studies of age determination in fish; Pt II Survey of the literature.* [Fish Invest. London, Ser. 2, 11 (3).]

HICKLING, C. F.

1931. *The structure of the otolith of the hake.* [Quart. J. Micr. Scient. (N. S.) 74 : 547-561.]

SCHOTT, J. W.

1969. *A technique for producing and mounting otolith for age determination.* [California fish and game, 55 (1).]

SMITH, S. W.

1968. *Otolith age reading by means of surface structure examination.* [Journ. Cons. Int. Per. pour l'Expl. de la Mer, 32 (2) : 270-277.]

TANING, A. V.

1938. *A method for cutting sections of otoliths of cod and other fishes.* [Journ. Cons. Int. Perm. Expl. Mer, 13 (2).]

CROISSANCE EN ATLANTIQUE

BAGENAL, T. B.

1954. *The growth rate of the hake in the Clyde and other Scottish sea areas.* (J. Mar. Biol. Ass. U. K., 33.)

BELLOC, G.

1923. *Note sur la croissance du merlu.* (Notes et Mémoires, Office des Pêches, 21.)

1929-1935. *Etude monographique du merlu.* [Rev. Trav. Off. des Pêches Maritimes, 2 (2 et 3) & 8 (2).]

BIRTWISTLE, W. & LEWIS, H. M.

1925. *Hake investigations.* (Rep. Lancs. Sea-Fish. Labs., 1924 : 36-35.)

HICKLING, C. F.

1933. *The natural history of the hake (IV : Age determination and growth rate).* [Fish. Invest. Rep. Brit. Min. Agr. Fish. London, Ser. II, 13 (2).]

LETACONNOUX, R.

1951. *Considérations sur l'exploitation du stock de Merlu depuis 1937.* [Rev. Trav. Off. Pêches Mar. 16 (1-4).]

MAURIN, C.

1955. *Note sur le merlu des côtes du Maroc.* (Rapp. et P. V. du C. I. P. E. M., 137.)

MERIEL-BUSSY, M.

1966. *La croissance du merlu dans le golfe de Gascogne — Note préliminaire.* (Note du C. I. P. E. M., réf. CM 1966/6-17. Comité des poissons gadoïdes.)

1968. *La croissance du merlu du large des côtes françaises de l'Atlantique — 2e note.* [Note du C. I. P. E. M., réf. CM 1968/G6. Comité des poissons de fond (sud).]

CROISSANCE EN MEDITERRANEE

FIGUERAS, A.

1955. *Datos sobre la edad y crecimiento de la pescadilla : merlucius merlucius L. de Levante (sector de Castellon) determinades por media de los otolitos.* (Inv. Pesq. 1.)

1965. *Age et croissance du merlu (Merlucius merlucius) de la Méditerranée occidentale (Costa Brava).* [Débats et Documents techniques du Cons. Gén. Pêches pour la Méditerranée 8 (16).]

GHIRARDELLI, E.

1959. *Contribution à la connaissance de la biologie du merlu Merlucius merlucius L. en Moyenne Adriatique.* [Proc. Fish. Coun. Medit., 5 (69) : 489-494.]

MATTA, F.

1956. *L'accrescimento del Merluzzo del Mediterraneo.* [Boll. Pesc. Pisc. Idrob. An. 32, 11 (2).]

ZUPANOVIC, S.

1968. *Study of hake (Merlucius merlucius L.) biology and population dynamics in the central Adriatic.* (Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit., 32 : 24 p.)